

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: **Kazunori YAMANAKA, et al.**

Group Art Unit: **Not Yet Assigned**

Serial No.: **Not Yet Assigned**

Examiner: **Not Yet Assigned**

Filed: **March 3, 2004**

For: **ANTENNA COUPLING MODULE**

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Date: March 3, 2004

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application is hereby requested for the above-identified application, and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

Japanese Appln. No. 2003-083141, filed March 25, 2003

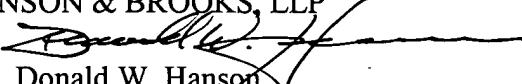
In support of this claim, the requisite certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the applicants have complied with the requirements of 35 U.S.C. 119 and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of said certified copy.

In the event that any fees are due in connection with this paper, please charge our Deposit Account No. 01-2340.

Respectfully submitted,

ARMSTRONG, KRATZ, QUINTOS,
HANSON & BROOKS, LLP


Donald W. Hanson
Attorney for Applicants
Reg. No. 27,133

DWH/jaz
Atty. Docket No. **040094**
Suite 1000
1725 K Street, N.W.
Washington, D.C. 20006
(202) 659-2930



23850
PATENT TRADEMARK OFFICE

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 3月25日
Date of Application:

出願番号 特願2003-083141
Application Number:

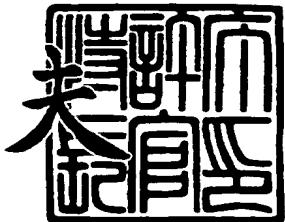
[ST. 10/C] : [JP2003-083141]

出願人 富士通株式会社
Applicant(s):

2003年12月11日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康



【書類名】 特許願
【整理番号】 0241304
【提出日】 平成15年 3月25日
【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿
【国際特許分類】 H01P 5/08
【発明の名称】 アンテナ結合モジュール
【請求項の数】 10
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通
株式会社内
【氏名】 山中 一典
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通
株式会社内
【氏名】 中澤 勇夫
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通
株式会社内
【氏名】 志垣 雅文
【特許出願人】
【識別番号】 000005223
【氏名又は名称】 富士通株式会社
【代理人】
【識別番号】 100077517
【弁理士】
【氏名又は名称】 石田 敬
【電話番号】 03-5470-1900

【選任した代理人】

【識別番号】 100086276

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉田 維夫

【選任した代理人】

【識別番号】 100092624

【弁理士】

【氏名又は名称】 鶴田 準一

【選任した代理人】

【識別番号】 100082898

【弁理士】

【氏名又は名称】 西山 雅也

【選任した代理人】

【識別番号】 100081330

【弁理士】

【氏名又は名称】 樋口 外治

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 036135

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9905449

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 アンテナ結合モジュール

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 平面型アンテナの素子平面に対し、垂直方向に平面回路型超伝導高周波回路を構成した基板を配し、該平面型アンテナと該超伝導高周波回路との間を電磁界結合したことを特徴とする、アンテナ結合モジュール。

【請求項 2】 電磁界結合した空間の垂直距離が実効波長の $1/4$ 以下の長さを有することを特徴とする、請求項 1 記載のアンテナ結合モジュール。

【請求項 3】 前記実効波長がマイクロ波からミリ波領域を含むことを特徴とする、請求項 2 記載のアンテナ結合モジュール。

【請求項 4】 前記平面型アンテナと前記超伝導高周波回路の結合回路として、 $1/4$ 波長型のフィードラインをそれぞれ有することを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項記載のアンテナ結合モジュール。

【請求項 5】 前記平面型アンテナと前記超伝導高周波回路の結合回路における $1/4$ 波長型のフィードラインの間に誘電体を配していることを特徴とする、請求項 4 記載のアンテナ結合モジュール。

【請求項 6】 前記誘電体の構成成分として、酸化マグネシウム、ムライト、フォルステライト、酸化チタン、ランタンアルミネート、サファイア、アルミニナ、チタン酸ストロンチウム、チタン酸マグネシウム、チタン酸カルシウム、石英ガラス、ポリテトラフルオロエチレン、ポリエチレン、ポリイミド、ポリメチルメタクリレート、ガラスエポキシ複合材およびガラス-ポリテトラフルオロエチレン複合材からなる群より選ばれる 1 種類以上の成分を用いることを特徴とする、請求項 5 記載のアンテナ結合モジュール。

【請求項 7】 前記超伝導高周波回路の導体として酸化物超伝導体を用い、該超伝導高周波回路は、位相回路、フィルタ回路、スルーライン、遅延回路、カプラ、分配回路および合成回路からなる群より選ばれる一種以上の回路を有することを特徴とする、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項記載のアンテナ結合モジュール。

【請求項 8】 前記平面型アンテナは、ダイポール型、パッチ型またはログ

ペリ型のいずれか 1 種類以上のアンテナ素子を 1 個以上有することを特徴とする
、請求項 1～7 のいずれか 1 項記載のアンテナ結合モジュール。

【請求項 9】 前記平面型アンテナの導体として酸化物超伝導体を用いるこ
とを特徴とする、請求項 1～8 のいずれか 1 項記載のアンテナ結合モジュール。

【請求項 10】 前記超伝導高周波回路または前記平面型アンテナのための
酸化物超伝導体として、 $B_{i n1} S_{r n2} C_{a n3} C_{u n4} O_{n5}$ (式中、 $1.8 \leq n1 \leq 2.2$ で
あり、 $1.8 \leq n2 \leq 2.2$ であり、 $0.9 \leq n3 \leq 1.2$ であり、 $1.8 \leq n4 \leq 2.2$ であり、 $7.8 \leq n$
 $5 \leq 8.4$ である)、 $P_{b k1} B_{i k2} S_{r k3} C_{a k4} C_{u k5} O_{k6}$ (式中、 $1.8 \leq k1+k2 \leq 2.2$
であり、 $0 \leq k1 \leq 0.6$ であり、 $1.8 \leq k3 \leq 2.2$ であり、 $1.8 \leq k4 \leq 2.2$ であり、 $1.8 \leq k$
 $5 \leq 2.2$ であり、 $9.5 \leq k6 \leq 10.8$ である)、 $Y_{m1} B_{a m2} C_{u m3} O_{m4}$ (式中、 $0.5 \leq m1$
 ≤ 1.2 であり、 $1.8 \leq m2 \leq 2.2$ であり、 $2.5 \leq m3 \leq 3.5$ であり、 $6.6 \leq m4 \leq 7.0$ である)
、 $N_{d p1} B_{a p2} C_{u p3} O_{p4}$ (式中、 $0.5 \leq p1 \leq 1.2$ であり、 $1.8 \leq p2 \leq 2.2$ であり、
 $2.5 \leq p3 \leq 3.5$ であり、 $6.6 \leq p4 \leq 7.0$ である)、 $N_{d q1} Y_{q2} B_{a q3} C_{u q4} O_{q5}$ (式
中、 $0 \leq q1 \leq 1.2$ であり、 $0 \leq q2 \leq 1.2$ であり、 $0.5 \leq q1+q2 \leq 1.2$ であり、 $1.8 \leq q2 \leq$
 2.2 であり、 $2.5 \leq q3 \leq 3.5$ であり、 $6.6 \leq q4 \leq 7.0$ である)、 $S_{m p1} B_{a p2} C_{u p3} O$
 $p4$ (式中、 $0.5 \leq p1 \leq 1.2$ であり、 $1.8 \leq p2 \leq 2.2$ であり、 $2.5 \leq p3 \leq 3.5$ であり、 $6.$
 $6 \leq p4 \leq 7.0$ である)、 $H_{o p1} B_{a p2} C_{u p3} O_{p4}$ (式中、 $0.5 \leq p1 \leq 1.2$ であり、 1.8
 $\leq p2 \leq 2.2$ であり、 $2.5 \leq p3 \leq 3.5$ であり、 $6.6 \leq p4 \leq 7.0$ である) からなる群より
選ばれる 1 種類以上の酸化物高温超伝導体を用いることを特徴とする、請求項 1
～9 のいずれか 1 項記載のアンテナ結合モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、平面型アンテナと平面回路型の超伝導高周波回路からなり、これら
のアンテナと高周波回路との間を電磁界結合したアンテナ結合モジュールに関する。

【0002】

【従来の技術】

誘電体基板を用いた平面回路型のアンテナとしては、例えば、ダイポール型、

パッチ型、ログペリ型などのアンテナ素子のパターンを基板上に形成し、この基板の反対側をグランド面としたマイクロストリップ構造のものがあげられるが、その他多様なパターンが考えられる。これらアンテナの素子の給電点からの高周波電気信号の入出力は、素子平面に対して垂直または同一平面上に給電線（伝送線路）を配置する方法が通常とされる。同一平面上の場合は、アンテナ素子パターンと一体で伝送線路を形成し、この伝送線路で基板上の入出力端子まで配線する方法があげられる。また、素子平面に対して垂直の場合は、基板上のアンテナ素子の給電点から、スルーホール（ビア）を通して該基板の反対側にグランド面に直流的に接しないように給電線を設ける方法があげられる。

【0003】

また、インピーダンス整合が給電線と合わない場合や平衡、不平衡の線路変換のために、適当なマッチング回路やバラン回路などを給電線とアンテナ素子の間にいれる方法がある。

【0004】

平面回路型のアンテナとして、酸化物超伝導体を用いたものが検討されてきている。マイクロストリップ構造では、誘電体基板の片側にダイポール型、パッチ型、ログペリ型などの該超伝導膜のパターンを形成し、基板の反対側を該超伝導体または常伝導金属でグランド面を形成したものがあげられる。また、酸化物超伝導体を用いた平面回路型アンテナで、同一の誘電体基板上に超伝導フィルタを形成し、このフィルタとアンテナの給電点間で高周波電気信号をやりとりする工夫が検討されている。これらの酸化物超伝導体を用いた受動回路としては、銅酸化高温超伝導体の膜を基板に形成し、平面型回路（マイクロストリップライン型回路、コプレーナ型回路など）により、高周波フィルタなどの回路を形成する技術があげられる（非特許文献 1～3：M. Hein, High-Temperature-superconductor Thin films at Microwave Frequencies, Springer, 1999. ; Alan M Portis, Electrodynamics of High-Temperature Superconductors, World Scientific, 1992. ; Zhi-Yuan She, High-Temperature Superconducting Microwave Circuits, Artech House, 1994. ;など）。結晶性が良好で適切な銅酸化物高温超伝導体膜材料を選べば、準マイクロ波、マイクロ波等で、通常の電気良導体の銅、銀、

金、アルミニウム等に比べて低い表面抵抗をもつことができる。このため、かかる銅酸化高温超伝導体膜材料を用いると、低エネルギー損失（以下、高Q値と略記する：誘電正接の逆数）にでき、高Q値の回路を構成するのに有利であることが知られている。超伝導平面型回路の構成のためには、酸化マグネシウム、ランタンアルミネートなどの誘電体基板の片面ないし両面に必要に応じて酸化物高温超伝導体の膜のパターンを形成することが行われている。基板に対して結晶格子c軸を垂直にエピタキシャル成長させた超伝導膜は高Q値の回路形成に有利であり、超伝導膜としてYBCO超伝導膜などが用いられる。

【0005】

さらに、実用化のためには課題があるものの、動作温度を液体ヘリウム（LHe）温度(4.2K)付近とすることで、超伝導体膜を用いた回路は、ミリ波以上(0.3THz以上)についても、理論的には通常の電気良導体を用いた場合に対して優位性を有することできる。

【0006】

平面型アンテナと平面回路型の超伝導高周波回路とを組み合わせたアンテナ結合モジュールは、例えば、特許文献1に開示されている。この文献には、給電系、整合回路、放射素子から構成される酸化物超伝導アンテナモジュールにおいて、放射素子を酸化物超伝導膜からなるメアンダ形单一線路で構成し、整合回路を酸化物超伝導膜からなるメアンダ形4分の1波長平行カップル線路で構成することを特徴とする酸化物超伝導アンテナモジュールが開示されている。

【0007】

この公報に開示されたアンテナモジュールでは、同一の平面上にアレイ化した平面アンテナと平面回路型の超伝導高周波回路とが同一平面上に形成されている。このため、この回路を配置する平面はかなり大きくなってしまうと考えられる。また、多数のアンテナ素子をアレイ化して、それぞれのアンテナ素子に超伝導高周波回路を結合しようとする場合、該平面上の回路全体に占めるアンテナ全体の有効面積の割合が、該超伝導高周波回路が該平面にない場合に比べて小さくなる。このため、同じ感度を得るために、該平面の面積は相対的に大きくなるという問題がある。

【0008】

一方、平面回路型の該超伝導高周波回路の無負荷Q値は、回路構造、材質に依存し、特に酸化物超伝導体の結晶性については重要な要素である。前述の同一平面の誘電体基板上、例えばMgO (100) 基板面上では、高Q回路形成に適当な酸化物超伝導膜（基板面に垂直に強いc軸結晶配向したYBa₂Cu₃O_{7-δ} (δ: 0 ~ 0.2) エピタキシャルを主成分とした膜）が得ができるが、立体形状の部分に形成する場合、連続した酸化物超伝導膜では、このようなエピタキシャル成長した膜質を得ることは容易ではない。

【0009】**【特許文献1】**

特開平5-95213号公報（特許請求の範囲、図1および5）

【非特許文献1】

M. Hein, High-Temperature-superconductor Thin films at Microwave Frequencies, Springer, 1999.

【非特許文献2】

Alan M Portis, Electrodynamics of High-Temperature Superconductors, World Scientific, 1992.

【非特許文献3】

Zhi-Yuan She, High-Temperature Superconducting Microwave Circuits, Artech House, 1994.

【0010】**【発明が解決しようとする課題】**

本発明の目的は、アンテナ有効面積を減らさずかつ結合のためのコネクタ等による信号損失を極力低減した、平面型アンテナと平面型の酸化物超伝導高周波回路の電磁界結合を行うアンテナ結合モジュールを実現することにある。

【0011】**【課題を解決するための手段】**

本発明は上記目的を達成するものであり、本発明の1つの態様によると、平面型アンテナの素子平面に対して垂直に平面回路型超伝導高周波回路を構成した基

板を配し、該平面型アンテナと該超伝導高周波回路との間を電磁界結合することを特徴とする、アンテナ結合モジュールが提供される。

このように、平面型アンテナと超伝導高周波回路を有する基板とを垂直に配置し、アンテナと高周波回路間を、空間を介して電磁界結合している。したがって、アンテナの素子を高密度で配置することができ、小型のアレイアンテナを製造することが可能になる。このアレイアンテナの小型化により、超伝導体からなる導体の冷却のための装置も小型化することができるので、アンテナ製造コストおよび運転コストを削減することが可能である。

【0012】

【発明の実施の形態】

本発明で用いる平面アンテナは特に限定されず、従来用いられている全てのタイプの平面アンテナを用いることができる。例えば、誘電体基板の片側にダイポール型、パッチ型、ログペリ型などのパターンからなるアンテナ素子を形成したものが使用でき、また、基板の反対側を導体でグランド面を形成したマイクロストリップ構造のものが使用でき、また、アンテナはアレイアンテナであってよい。

【0013】

本発明では高周波回路を平面アンテナから分離して平面アンテナに対し垂直方向に配置するが、それによって平面アンテナを含む平面に高周波回路が存在しない分だけアンテナ平面の面積を小さくすることができる。さらにアンテナと高周波回路とを結合するための回路を形成する必要がない分だけアンテナ平面の面積を小さくすることができる。またアンテナをアレイ状に配する場合には高周波回路が存在しないのでアンテナアレイを設計的に高密度に配置することが可能にされる。

【0014】

アンテナ素子を構成する導体は常伝導金属であっても、酸化物超伝導体であってもよい。常伝導金属としては銅に金をメッキしたものが挙げられる。

【0015】

アンテナ素子の導体が酸化物高温超伝導体であることは好ましい。このような

超伝導体は常伝導金属に比べて低い表面抵抗をもち、低エネルギー損失（高Q値）にでき、受信の場合には高感度化、送信の場合には放射効率を向上させることができるので有利である。酸化物高温超伝導体としては、 $B_{i_{n1}}S_{r_{n2}}C_{a_{n3}}C_{u_{n4}}O_{n5}$ （式中、 $1.8 \leq n1 \leq 2.2$ であり、 $1.8 \leq n2 \leq 2.2$ であり、 $0.9 \leq n3 \leq 1.2$ であり、 $1.8 \leq n4 \leq 2.2$ であり、 $7.8 \leq n5 \leq 8.4$ である）、 $P_{b_{k1}}B_{i_{k2}}S_{r_{k3}}C_{a_{k4}}C_{u_{k5}}O_{k6}$ （式中、 $1.8 \leq k1+k2 \leq 2.2$ であり、 $0 \leq k1 \leq 0.6$ であり、 $1.8 \leq k3 \leq 2.2$ であり、 $1.8 \leq k4 \leq 2.2$ であり、 $1.8 \leq k5 \leq 2.2$ であり、 $9.5 \leq k6 \leq 10.8$ である）、 $Y_{m1}B_{a_{m2}}C_{u_{m3}}O_{m4}$ （式中、 $0.5 \leq m1 \leq 1.2$ であり、 $1.8 \leq m2 \leq 2.2$ であり、 $2.5 \leq m3 \leq 3.5$ であり、 $6.6 \leq m4 \leq 7.0$ である）、 $N_{d_{p1}}B_{a_{p2}}C_{u_{p3}}O_{p4}$ （式中、 $0.5 \leq p1 \leq 1.2$ であり、 $1.8 \leq p2 \leq 2.2$ であり、 $2.5 \leq p3 \leq 3.5$ であり、 $6.6 \leq p4 \leq 7.0$ である）、 $N_{d_{q1}}Y_{q2}B_{a_{q3}}C_{u_{q4}}O_{q5}$ （式中、 $0 \leq q1 \leq 1.2$ であり、 $0 \leq q2 \leq 1.2$ であり、 $0.5 \leq q1+q2 \leq 1.2$ であり、 $1.8 \leq q2 \leq 2.2$ であり、 $2.5 \leq q3 \leq 3.5$ であり、 $6.6 \leq q4 \leq 7.0$ である）、 $S_{m_{p1}}B_{a_{p2}}C_{u_{p3}}O_{p4}$ （式中、 $0.5 \leq p1 \leq 1.2$ であり、 $1.8 \leq p2 \leq 2.2$ であり、 $2.5 \leq p3 \leq 3.5$ であり、 $6.6 \leq p4 \leq 7.0$ である）、 $H_{o_{p1}}B_{a_{p2}}C_{u_{p3}}O_{p4}$ （式中、 $0.5 \leq p1 \leq 1.2$ であり、 $1.8 \leq p2 \leq 2.2$ であり、 $2.5 \leq p3 \leq 3.5$ であり、 $6.6 \leq p4 \leq 7.0$ である）、或いは、これらの組み合わせなどが挙げられる。

【0016】

平面アンテナの基板は、特に限定されず、例えば、酸化マグネシウム、ムライト、フォルステライト、酸化チタン、ランタンアルミニート、サファイア、アルミナ、チタン酸ストロンチウム、チタン酸マグネシウム、チタン酸カルシウム、石英ガラス、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）、ポリエチレン（PE）、ポリイミド（PI）、ポリメチルメタクリレート（PMMA）、ガラスエポキシ複合材、ガラス-ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）複合材またはそれら2種以上の組み合わせなどの誘電体を使用することができる。

【0017】

アンテナ素子を構成する導体が酸化物高温超伝導薄膜であるときには、誘電体基板としては、特に単結晶酸化物高温超伝導をエピタキシャル成長の基板としては、例えば、酸化マグネシウム、ランタンアルミニート、チタン酸ストロンチウムなどの単結晶基板が好適に用いられるが、これに限定されるわけではない。

【0018】

本発明では、準マイクロ波から数THzまでの高周波回路として平面回路型超伝導体高周波回路を使用できる。特に100GHz以下では数十K程度の動作温度で超伝導体高周波回路を使用することで、同形状の銅、銀、金、アルミニウム等の電気良導体を用いた室温動作型の高周波回路に比べて低エネルギー損失（高Q値）にできるといった特徴を有することができる。

【0019】

平面回路型超伝導高周波回路としては誘電体基板上に超伝導体膜を形成したものが使用でき、誘電体基板としては、一般的に酸化マグネシウム、ランタンアルミニネート、チタン酸ストロンチウムなどの単結晶基板が用いられる。

【0020】

超伝導体膜としては、例えば、 $B_{i_{n1}}S_{r_{n2}}C_{a_{n3}}C_{u_{n4}}O_{n5}$ （式中、 $1.8 \leq n_1 \leq 2.2$ であり、 $1.8 \leq n_2 \leq 2.2$ であり、 $0.9 \leq n_3 \leq 1.2$ であり、 $1.8 \leq n_4 \leq 2.2$ であり、 $7.8 \leq n_5 \leq 8.4$ である）、 $P_{b_{k1}}B_{i_{k2}}S_{r_{k3}}C_{a_{k4}}C_{u_{k5}}O_{k6}$ （式中、 $1.8 \leq k_1 + k_2 \leq 2.2$ であり、 $0 \leq k_1 \leq 0.6$ であり、 $1.8 \leq k_3 \leq 2.2$ であり、 $1.8 \leq k_4 \leq 2.2$ であり、 $1.8 \leq k_5 \leq 2.2$ であり、 $9.5 \leq k_6 \leq 10.8$ である）、 $Y_{m1}B_{a_{m2}}C_{u_{m3}}O_{m4}$ （式中、 $0.5 \leq m_1 \leq 1.2$ であり、 $1.8 \leq m_2 \leq 2.2$ であり、 $2.5 \leq m_3 \leq 3.5$ であり、 $6.6 \leq m_4 \leq 7.0$ である）、 $N_{d_{p1}}B_{a_{p2}}C_{u_{p3}}O_{p4}$ （式中、 $0.5 \leq p_1 \leq 1.2$ であり、 $1.8 \leq p_2 \leq 2.2$ であり、 $2.5 \leq p_3 \leq 3.5$ であり、 $6.6 \leq p_4 \leq 7.0$ である）、 $N_{d_{q1}}Y_{q2}B_{a_{q3}}C_{u_{q4}}O_{q5}$ （式中、 $0 \leq q_1 \leq 1.2$ であり、 $0 \leq q_2 \leq 1.2$ であり、 $0.5 \leq q_1 + q_2 \leq 1.2$ であり、 $1.8 \leq q_2 \leq 2.2$ であり、 $2.5 \leq q_3 \leq 3.5$ であり、 $6.6 \leq q_4 \leq 7.0$ である）、 $S_{m_{p1}}B_{a_{p2}}C_{u_{p3}}O_{p4}$ （式中、 $0.5 \leq p_1 \leq 1.2$ であり、 $1.8 \leq p_2 \leq 2.2$ であり、 $2.5 \leq p_3 \leq 3.5$ であり、 $6.6 \leq p_4 \leq 7.0$ である）、 $H_{o_{p1}}B_{a_{p2}}C_{u_{p3}}O_{p4}$ （式中、 $0.5 \leq p_1 \leq 1.2$ であり、 $1.8 \leq p_2 \leq 2.2$ であり、 $2.5 \leq p_3 \leq 3.5$ であり、 $6.6 \leq p_4 \leq 7.0$ である）、或いは、これらの組み合わせから選ばれる酸化物高温超伝導体の膜を使用することができる。このような酸化物高温超電導体は、誘電体基板に対して結晶格子c軸を垂直にエピタキシャル成長させて使用される。

【0021】

平面回路型超伝導体高周波回路は、誘電体基板の表面に高周波回路を形成して

裏面をグランドにしたマイクロストリップ構造としても、高周波回路と同一の面にグランド面を有するコプレーナ構造であってもよい。また、高周波回路は誘電体基板の表裏両面に形成してもよく、さらには多層に形成してもよい。

【0022】

超伝導高周波回路としては、位相回路、フィルタ回路、スルーライン、遅延回路、カプラ、分配回路または合成回路やそれらの組み合わせなどが挙げられる。

【0023】

本発明のアンテナ結合モジュールでは、平面型超伝導高周波回路を平面型アンテナの素子から分離し、かつ平面型アンテナの素子平面に対し平面型超伝導高周波回路を構成した基板を垂直方向に配置する。

【0024】

平面型超伝導高周波回路を平面型アンテナの素子から分離したことにより、高周波回路を超伝導回路としながらアンテナ素子は超伝導回路に制約されない構成とすることができます。例えば、アンテナ素子は非超伝導素子とし、高周波回路だけを超伝導素子とすることができます。なお、高周波回路だけを超伝導素子とした場合には超伝導素子を冷却する装置も対応して小型化できる効果が得られる。また平面型アンテナ自体のデザインにおいても高周波回路を同一平面に形成する制約が無くなることにより高密度にできるなどの効果を有する。

【0025】

また、平面型超伝導高周波回路を構成した基板を平面型アンテナの素子平面に対し垂直方向に配置することで、アンテナの素子平面から高周波回路を省略してアンテナ結合モジュールの大きさを小さくすることができる。なお、平面型アンテナの素子平面に対し垂直方向とは、平面型超伝導高周波回路を構成した基板と平面型アンテナの素子平面が完全に垂直であることを意味せず、必要ではないが垂直方向で多少傾斜していてもよい。超伝導回路の冷却にはエネルギーを多く必要とするので、平面型超伝導高周波回路を構成した基板を平面型アンテナの素子平面に対し垂直方向に配置してアンテナ結合モジュール全体を小型化することで、超伝導回路を冷却する装置も小型化できる結果として、アンテナ結合モジュール全体のエネルギー効率を向上させることができる効果がある。

【0026】

さらに、本発明のアンテナ結合モジュールは、平面型アンテナの素子と超伝導高周波回路を電磁界結合することを特徴とする。平面型アンテナの素子と超伝導高周波回路の間の結合としては、導体配線の伝送線路で接ぐ結合する方法もあるが、空間（または誘電体）を介した電磁界結合方式にすることで、平面型超伝導高周波回路を平面型アンテナの素子から分離した構成の利点をより完全に利用することが可能になる。即ち、平面型超伝導高周波回路と平面型アンテナとを独立して構成することで、それを別個に製造することができる。このため、超伝導高周波回路の製造の自由度が増大し、製造が容易になり、また性能の向上や小型化にも有利である。超伝導高周波回路で高Q値を実現するには単結晶基板上にエピタキシャル成長して形成することが望ましいが、電磁結合の場合には、超伝導高周波回路とアンテナの素子との結合のための導体結合の必要がないので、そのような高Q値の超伝導高周波回路のみを独立に容易に製造することができる。

【0027】

平面型アンテナと超伝導高周波回路との電磁界結合の方法は、知られている方法を用いることができる。近接電界、近接磁界、またはこれらの混在電磁界を用いる方法がある。

【0028】

一般的には、平面型アンテナの給電点と超伝導高周波回路のアンテナとの入出力に結合回路として、フィードラインをそれぞれ設ければよい。フィードラインとしては $1/4$ 波長型が分布定数型回路では寸法比較的小さく、かつ電磁界を励振しやすく性能の点から望ましい。 $1/2$ 波長型あるいは、結合の効率は低下しやすいが $1/2$ 波長未満の任意の長さのフィードラインでもよい。 $1/4$ 波長型、 $1/2$ 波長型の結合においてインピーダンスの整合も調整することができる。

【0029】

また、平面型アンテナと電磁界結合される超伝導高周波回路を構成した基板との垂直距離は損失を少なくするために短いことが好ましく、その距離は好ましくは実効波長の $1/4$ 波長であるかまたはそれ以下の長さである。さらに、信号の結合を強め、平面型アンテナと超伝導高周波回路と間の相対的位置関係を固定す

るために誘電体を配することも好ましい。このような誘電体としては、酸化マグネシウム、ムライト、フォルステライト、酸化チタン、ランタンアルミネート、サファイア、アルミナ、チタン酸ストロンチウム、チタン酸マグネシウム、チタン酸カルシウム、石英ガラス、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）、ポリエチレン（PE）、ポリイミド（PI）、ポリメチルメタクリレート（PMMA）、ガラスエポキシ複合材、ガラス-ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）複合材またはそれらの2種以上の組み合わせを含有するものを使用することができる。

【0030】

上記のように、アンテナ素子と超伝導回路とを垂直方向に配置して電磁界結合させる以外のアンテナ結合モジュールの構成及び製造方法については、従来の技術を適用できる。即ち、アンテナ素子の構成及び製造方法は知られており、また超伝導回路の構成及び製造並びに冷却方法、超伝導回路からの出力の取り出し方法なども知られている。

【0031】

本発明の1つの好ましい態様として、アンテナ素子と超伝導高周波回路とを垂直方向に配置して電磁界結合した個々のアンテナ結合モジュールを用い、さらにその個々のアンテナ結合モジュールをアレイとして配置したアンテナ結合モジュールを構成することができる。このモジュールのアレイの場合にも、本発明の個々のアンテナ結合モジュールでは、上記のように、アンテナ素子平面ではアンテナだけが必要であり、高周波回路及びアンテナと高周波回路の間の結合手段のための制約がないので、そのような個々のモジュールをアレイに配置する場合にも、複数のアンテナモジュールをほぼ理想的なアレイとして配置することができる。

【0032】

本発明によれば、高性能小型アンテナを製造することが可能にされるので、特に今後需要が期待されるマイクロ波以下の波長の電磁波の送受信のための通信基地の建設などに有用である。

【0033】

【実施例】

以下において、本発明を例示するために、実施例を用いてさらに説明する。

実施例 1

図1は、本発明の実施例であるアンテナ結合モジュールの概略図を示す。この実施例では、平面型アンテナの素子を方形パターンのパッチのマイクロストリップ型とし、素子平面に対して垂直方向に平面回路型超伝導高周波回路を構成した基板が配置され、結合回路として1/4波長型フィードラインを用いている。図1(a)は超伝導高周波回路を有する基板と平行方向にアンテナ結合モジュールを切ったときの断面の模式図を示している。図1(a)において、1101はパッチアンテナ素子であって、方形導体パターンの断面が示されている。送受信波の実効1/2波長がパターン寸法を決める目安であり、電磁界シミュレータ等を用い設計する。1102は実効1/4波長型のフィーダパターンであり、1103はアンテナ形成用基板材料であって、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)-ガラス複合材からなる誘電体基板である。1104、1106、1118および1120はビアであり、1105、1107、1117および1119はグランド用導体層である。1121はアンテナ素子1101の給電点と1102とを結ぶビアであり、これらの導体としては銅を金めっきしたものを用いる。この場合、例えば10GHz付近の送受信では、1101の方形パターンの実効1/2波長は約1cmである。図1(a)において、1101は紙面に平行な方向については実効1/2波長の長さであり、垂直な方向については実効1/2波長以下の長さであってよい。1108は酸化物超伝導体膜からなる高周波回路を形成している酸化マグネシウム単結晶基板であり、基板表面の超伝導膜形成面は(100)であり、基板厚さは0.5mmである。1116、1109は強いc軸配向した酸化物超伝導体膜の回路パターンであり、Y-Ba-Cu-O系またはGd-Ba-Cu-O系で平均膜厚0.4μmのものを用いる。1116の部分は実効1/4波長型のフィーダである。1116は1102と電磁的結合を行い、インピーダンス変成も兼ねている。1109の丸で囲った部分は遅延線である。1108の裏面には、1108表の面と同様に酸化物超伝導膜を裏面全面に形成してあり、マイクロストリップライン型の伝送線路としている。1110は1113、1112および1114で示される50オームの特性インピーダンスの同軸コネクタ(SMA型)と電気的接続をするためのコンタクト電極であり、銀等の金属を真空蒸着して形成する。1111は接合材であり、インジウムはんだまたは銀ペーストを用いる。1108の基板厚が

0.5mmのときは、前記の同軸コネクタと動作時にインピーダンス整合するため、1116、1109、1110の線幅は0.5mmとする。1115は金属パッケージであり、インバー合金、銅、アルミニウムの何れかにNi下地のAgメッキを3μm厚を施したものを利用する。

【0034】

図1(b)には、図1(a)の垂直軸に対し90°回転した方向からみた内部断面の模式図を示す。1201はパッチアンテナの素子部分であって、方形導体パターンの断面を示している。1219は実効1/4波長型のフィーダパターンであり、1222はアンテナ形成用基板材料、1205、1206、1207、1223、1224および12225はビアで図1(a)で表されるビアも含め、図示は簡単のため省略しているが密に配置することが無用な動作不安定性を防ぐために望ましい。10GHzで、この例の材質の場合には、例えば0.2cm以下の間隔とする。1208、1209、1220および1221はグランド用導体層であり、1202はアンテナ素子1201の給電点と1219とを結ぶビアである。1216は酸化物超伝導体用の基板であり、1217、1218は強いc軸配向した酸化物超伝導体膜であり、1217は回路パターン面、1218はグランド面である。1215は1212、1211および1213で示される同軸コネクタと電気的接続をするためのコンタクト電極である。1214は接合材を示す。1210は金属パッケージであり、1203は超伝導高周波回路基板を1210に電気的、機械的に接合するためのインジウムシート層を示す。1210は、冷凍機の冷却端と熱的に接続し、30~70Kの温度に冷却し回路動作させる。なお、図1(a)および(b)では、図示の簡単化のため、ネジ、ジグ、冷却系等のクライオスタットなどは省略している。

【0035】

上記の実施例1によれば、超伝導高周波回路とアンテナとの間のフィード線損失が無視でき、低損失化できる。したがって、常伝導高周波回路と同形アンテナとの組み合わせに比べ、高Q値の回路を用いることができ、受信の場合には高感度化に有利である。該超伝導高周波回路の1109のパターンを多段の共振器からなるフィルタ回路を用いる場合は、常伝導金属を導体パターンに用いた同一構成の回路に比べ、低い通過損失で周波数選択性を持たせることができる。例えば、1109のパターンラインを線幅は同じで実効1/2波長の長さのパターンを適當な間隔

で複数個を直列に配置し、1116のフィーダーラインとも間隔をあけて直列とし、同軸コネクタ側にも1116と同様のフィーダーラインを、間隔をあけて直列になるように配置するようにするとバンドパスフィルタが構成できる。

【0036】

また、1116と1102との間に誘電体として純度99.9%の焼結アルミナを挟み、ポリイミド系接着剤で固定することで、1116と1102の信号結合度を改善できる。

【0037】

実施例2

図2に実施例1を構成要素したアレイアンテナの斜視図を示す。201は方形パターンのパッチアンテナ素子の導体パターンである。202は、実施例1と同じ材質からなるアンテナ用回路基板である。個々の201の素子パターンに対応して、それぞれ実施例1の回路が構成されている。但し、計16個の素子パターンに対応した該回路は、202に一体で構成され、グランド面は共通化される。203は、該超伝導高周波回路を内蔵した同軸コネクタ付きパッケージであり、個々はそれぞれ直上の201に202を介在して結合され、実施例1と同じ構成である。図2においても、図示の簡単化のため、ネジ、ジグ、冷却系等のクライオスタットなどは省略している。

上記の実施例2によれば、実施例1の効果に加え、アンテナ素子を形成する誘電体基板面上にはアンテナ素子に接する高周波回路を配していないので、アンテナ素子を高密度でアレイ化することができる。

【0038】

尚、本発明の好ましい態様を付記すれば以下のとおりである。

(付記1) 平面型アンテナの素子平面に対し、垂直方向に平面回路型超伝導高周波回路を構成した基板を配し、該平面型アンテナと該超伝導高周波回路との間を電磁界結合したことを特徴とする、アンテナ結合モジュール。

(付記2) 電磁界結合した空間の垂直距離が実効波長の1/4以下の長さを有することを特徴とする、付記1記載のアンテナ結合モジュール。

(付記3) 前記実効波長がマイクロ波からミリ波領域を含むことを特徴とする、付記2記載のアンテナ結合モジュール。

(付記4) 前記平面型アンテナと前記超伝導高周波回路の結合回路として、
1/4波長型のフィードラインをそれぞれ有することを特徴とする、付記1～3の
いずれか1項記載のアンテナ結合モジュール。

(付記5) 前記平面型アンテナと前記超伝導高周波回路の結合回路における
1/4波長型のフィードラインの間に誘電体を配していることを特徴とする、付記
4記載のアンテナ結合モジュール。

(付記6) 前記誘電体の構成成分として、酸化マグネシウム、ムライト、フ
ォルステライト、酸化チタン、ランタンアルミニート、サファイア、アルミナ、
チタン酸ストロンチウム、チタン酸マグネシウム、チタン酸カルシウム、石英ガ
ラス、ポリテトラフルオロエチレン、ポリエチレン、ポリイミド、ポリメチルメ
タクリレート、ガラスエポキシ複合材およびガラス-ポリテトラフルオロエチレ
ン複合材からなる群より選ばれる1種類以上の成分を用いることを特徴とする、
付記5記載のアンテナ結合モジュール。

(付記7) 前記超伝導高周波回路の導体として酸化物超伝導体を用い、該超
伝導高周波回路は、位相回路、フィルタ回路、スルーライン、遅延回路、カプラ
、分配回路および合成回路からなる群より選ばれる一種以上の回路を有すること
を特徴とする、付記1～6のいずれか1項記載のアンテナ結合モジュール。

(付記8) 前記平面型アンテナは、ダイポール型、パッチ型またはログペリ
型のいずれか1種類以上のアンテナ素子を1個以上有することを特徴とする、付
記1～7のいずれか1項記載のアンテナ結合モジュール。

(付記9) 前記平面型アンテナの導体として酸化物超伝導体を用いることを
特徴とする、付記1～8のいずれか1項記載のアンテナ結合モジュール。

(付記10) 前記超伝導高周波回路または前記平面型アンテナのための酸化
物超伝導体として、 $B_{in1}S_{rn2}C_{an3}C_{un4}O_{n5}$ (式中、 $1.8 \leq n1 \leq 2.2$ あり
、 $1.8 \leq n2 \leq 2.2$ あり、 $0.9 \leq n3 \leq 1.2$ あり、 $1.8 \leq n4 \leq 2.2$ あり、 $7.8 \leq n5 \leq 8$
.4 である)、 $P_{bk1}B_{ik2}S_{rk3}C_{ak4}C_{uk5}O_{k6}$ (式中、 $1.8 \leq k1+k2 \leq 2.2$ あり
、 $0 \leq k1 \leq 0.6$ あり、 $1.8 \leq k3 \leq 2.2$ あり、 $1.8 \leq k4 \leq 2.2$ あり、 $1.8 \leq k5 \leq 2$
.2 あり、 $9.5 \leq k6 \leq 10.8$ である)、 $Y_{m1}B_{am2}C_{um3}O_{m4}$ (式中、 $0.5 \leq m1 \leq 1.2$
あり、 $1.8 \leq m2 \leq 2.2$ あり、 $2.5 \leq m3 \leq 3.5$ あり、 $6.6 \leq m4 \leq 7.0$ である)、 N

$d_{p1} B a_{p2} C u_{p3} O_{p4}$ (式中、 $0.5 \leq p1 \leq 1.2$ であり、 $1.8 \leq p2 \leq 2.2$ であり、 $2.5 \leq p3 \leq 3.5$ であり、 $6.6 \leq p4 \leq 7.0$ である)、 $N d_{q1} Y_{q2} B a_{q3} C u_{q4} O_{q5}$ (式中、 $0 \leq q1 \leq 1.2$ であり、 $0 \leq q2 \leq 1.2$ であり、 $0.5 \leq q1+q2 \leq 1.2$ であり、 $1.8 \leq q2 \leq 2.2$ であり、 $2.5 \leq q3 \leq 3.5$ であり、 $6.6 \leq q4 \leq 7.0$ である)、 $S m_{p1} B a_{p2} C u_{p3} O_{p4}$ (式中、 $0.5 \leq p1 \leq 1.2$ であり、 $1.8 \leq p2 \leq 2.2$ であり、 $2.5 \leq p3 \leq 3.5$ であり、 $6.6 \leq p4 \leq 7.0$ である)、 $H o_{p1} B a_{p2} C u_{p3} O_{p4}$ (式中、 $0.5 \leq p1 \leq 1.2$ であり、 $1.8 \leq p2 \leq 2.2$ であり、 $2.5 \leq p3 \leq 3.5$ であり、 $6.6 \leq p4 \leq 7.0$ である) からなる群より選ばれる 1 種類以上の酸化物高温超伝導体を用いることを特徴とする、付記 1 ~ 9 のいずれか 1 項記載のアンテナ結合モジュール。

(付記 1 1) 前記平面型アンテナは、非超伝導素子であることを特徴とする付記 8 記載のアンテナ結合モジュール。

(付記 1 2) 前記超伝導高周波回路又は前記平面型アンテナが 100 K 以下で冷却されることを特徴とする、付記 1 ~ 1 1 記載のアンテナ結合モジュール。

(付記 1 3) 付記 1 ~ 1 2 記載のいずれかのアンテナ結合モジュールを搭載した通信基地局。

【0039】

【発明の効果】

本発明によると、アンテナの素子を高密度で配置することができ、小型のアレイアンテナを製造することが可能になる。また、このアレイアンテナの小型化により、超伝導体からなる導体の冷却のための装置も小型化することができるの、アンテナ製造コストおよび運転コストを削減することができる。

また、平面型アンテナの素子と超伝導回路の結合回路として、1/4波長型ファイードラインを設けることにより、低損失のアンテナとすることができます。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施例であるアンテナ結合モジュールの概略図を示す。

【図 2】

図 1 の実施例を構成要素としたアレイアンテナの斜視図を示す。

【符号の説明】

1101…アンテナ素子

1102, 1116…実効1/4波長型のフィーダ

1103…アンテナ形成用基板

1108…超伝導高周波回路形成用基板

1109…超伝導体膜の回路パターン

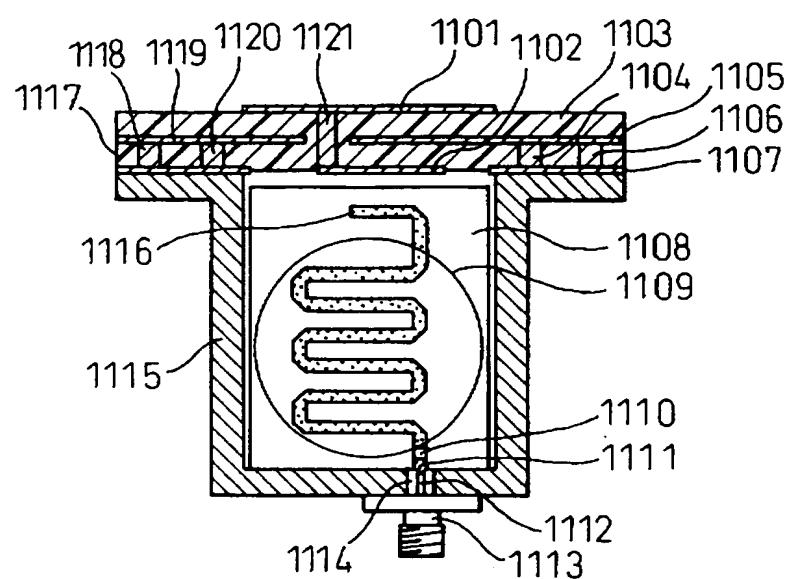
【書類名】

図面

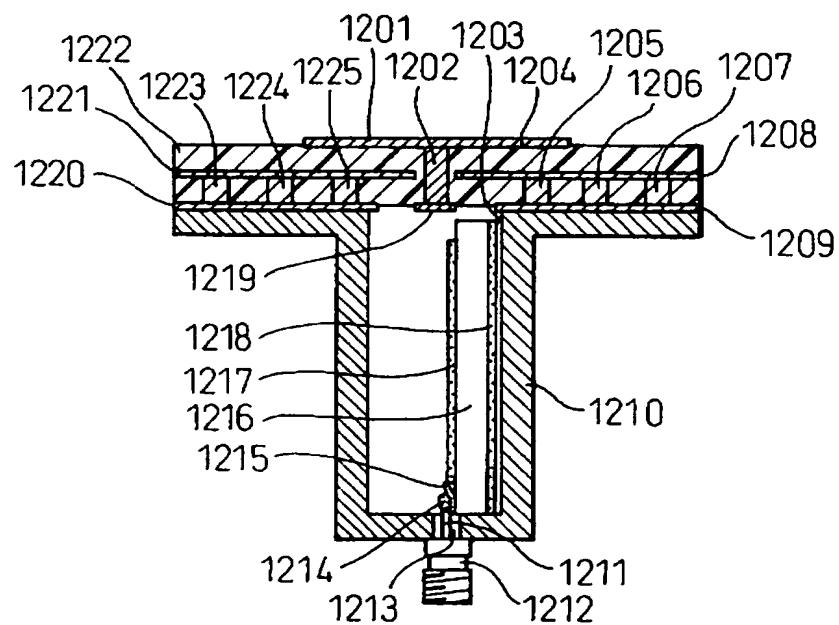
【図 1】

図 1

(a)

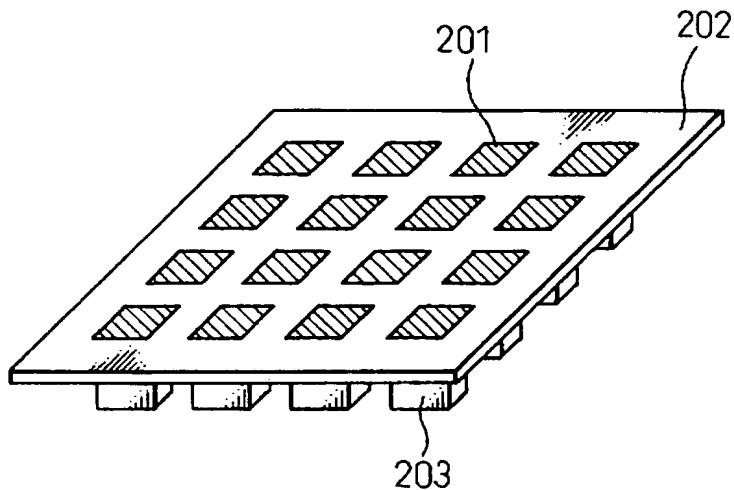


(b)



【図 2】

図 2



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 アンテナ有効面積を減らさずかつ結合のための信号損失を極力低減した、平面型アンテナと平面型の酸化物超伝導高周波回路の電磁界結合を行うアンテナ結合モジュールを提供する。

【解決手段】 平面型アンテナの素子平面に対して垂直に平面回路型超伝導高周波回路を構成した基板を配し、該平面型アンテナと該超伝導高周波回路との間を電磁界結合することを特徴とする、アンテナ結合モジュールが提供される。

【選択図】 なし

特願 2003-083141

出願人履歴情報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日 1996年 3月26日

[変更理由] 住所変更

住 所 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
氏 名 富士通株式会社